

**ASSOCIAÇÃO CARUARUENSE DE ENSINO SUPERIOR E  
TÉCNICO – ASCES  
ENGENHARIA AMBIENTAL**

**ANÁLISE DE EMISSÃO ATMOSFÉRICA DE UMA LAVANDERIA  
TÊXTIL DA CIDADE DE CARUARU - PE**

**HENRIQUE DIAS PEREIRA**

**CARUARU**

**2016**

**ASSOCIAÇÃO CARUARUENSE DE ENSINO SUPERIOR E  
TÉCNICO – ASCES  
ENGENHARIA AMBIENTAL**

**ANÁLISE DE EMISSÃO ATMOSFÉRICA DE UMA LAVANDERIA  
TÊXTIL DA CIDADE DE CARUARU - PE**

**HENRIQUE DIAS PEREIRA**

Projeto de pesquisa apresentado á coordenação do núcleo de trabalhos de conclusão de curso, da Associação Caruaruense de Ensino Superior (ASCES), em requisito parcial para a aquisição de grau bacharel em **Engenharia Ambiental**.

Orientadora: Prof<sup>o</sup>. Msc. Mariana Ferreira Martins Cardoso.

**CARUARU**

**2016**

## **BANCA EXAMINADORA**

Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

---

Orientador: Prof. Msc. Mariana Ferreira Martins Cardoso

---

Primeiro avaliador: Prof. Dcs. Henrique John Pereira Neves

---

Segundo avaliador: Prof. Msc. Deivid Sousa de Figueiroa

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu pai Gilmar, meu irmão Vinícius, meus avós e demais familiares nas terras de Minas Gerais, pela paciência e compreensão ao longo desses anos intermináveis de ausências, pelos gestos carinhosos que emanam apesar de toda essa distância que hoje nos separa.

A minha mãe, pelo amor constante e eterno companheirismo, durante a vida pessoal, acadêmica e também na elaboração deste trabalho.

Aos meus amigos Junior e Adriano, pelos momentos de distração durante o trabalho de coleta das amostras analisadas, e toda colaboração prestada.

E a minha mestre, coordenadora e professora Mariana Cardoso, pela compreensão e toda colaboração recebida durante o desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

As atividades exercidas pelo homem, como consumo de energia, emissões veiculares e principalmente processos industriais, trouxeram consequências e efeitos negativos sobre a saúde pública, ecossistemas e materiais. No interior do Estado de Pernambuco, na cidade de Caruaru, se desenvolveu nos últimos anos um pólo industrial têxtil bastante forte, onde encontram-se empresas com diversos portes, utilizando matérias primas e combustíveis diferentes para produções de diversificados produtos. O foco da região está voltado principalmente no que diz respeito a indústrias que trabalham com lavanderias de jeans e que utilizam de processos de geração de calor por combustão externa estacionária, onde se queima madeira e seus derivados como combustível, realizado em forno e/ou caldeira. De acordo com a grande demanda da região, a necessidade e a preocupação com a qualidade do ar, este trabalho tem por objetivo monitorar uma empresa de lavanderia têxtil, analisar e levantar dados de poluição atmosférica da mesma, a partir de coleta isocinética e análise laboratorial e comparar com os limites de emissão estipulados pela resolução CONAMA 436/2011, analisando a emissão de materiais particulados (MP), óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) e monóxido de carbono (CO), através da realização das análises isocinéticas efetuadas através do coletor isocinético de poluentes atmosféricos CIPA Modelo TE -753 fabricado pela empresa Tecnal. As coletas e detecções das emissões de materiais particulados, óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono, foram realizadas com sucesso através do sistema de análise isocinéticas e verificou-se que as emissões de tais poluentes se enquadram às normas técnicas brasileiras de limites de poluição atmosférica.

**Palavras-chave:** Poluição, lavanderia, análises isocinéticas.

## ABSTRACT

The activities carried out by man, such as energy consumption, vehicle emissions and industrial processes mainly brought consequences and negative effects on public health, ecosystems and materials. In the state of Pernambuco, in the city of Caruaru, he has developed in recent years a textile industrial center quite strong, which are companies with different sizes, using raw materials and fuels for diversified products production. The focus area is mainly focused in respect to industries working with jeans laundries and utilizing heat generation processes using a stationary external combustion where burning wood and its derivatives as fuel held in the oven and / or boiler . According to the great demand in the region, the need and concern for air quality, this study aims to monitor a textile laundry company, analyze and raise air pollution data from it, from isokinetic collection and laboratory analysis and compare with the emission limits set by CONAMA resolution 436/2011, analyzing the emission of particulate matter (PM), nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) and carbon monoxide (CO), by carrying out the isokinetic analysis performed by isokinetic collector of air pollutants CIPA Model TE -753 manufactured by Tecnal company. The sampling and detection of emissions of particulate matter, nitrogen oxides, carbon monoxide, were carried out successfully through the isokinetic analysis system and found that emissions of these pollutants fall to the Brazilian technical standards to limit air pollution.

**Keywords:** Pollution, laundry, isokinetic analysis.

## LISTA DE TABELA

<b>Tabela 1.</b> Limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de derivados de madeiras.....	15
<b>Tabela 2.</b> Limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de derivados da madeira.....	16
<b>Tabela 3.</b> Descrição da chaminé da caldeira Modelo – B1 – M .....	29
<b>Tabela 4.</b> Característica chaminé da caldeira Modelo – B1 – M .....	29
<b>Tabela 5.</b> Seção das chaminés .....	30
<b>Tabela 6.</b> Resultado final da 1ª amostragem .....	31
<b>Tabela 7.</b> Resultado final da 2ª amostragem .....	33

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Perfil Vertical Médio de Temperatura na atmosfera.....	13
<b>Figura 2.</b> Amostragem do duto ou chaminé, situação 01.....	19
<b>Figura 3.</b> Amostragem do duto ou chaminé, situação 02.....	20
<b>Figura 4.</b> Amostragem do duto ou chaminé, situação 03.....	21
<b>Figura 5.</b> Esquema para coleta isocinética.....	24
<b>Figura 6.</b> Ilustração dos pontos internos na chaminé .....	30

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2. OBJETIVO GERAL</b> .....	11
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	12
3.1. ATMOSFERA E SUAS ESTRATIFICAÇÕES .....	12
3.2. CONCEITO DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA .....	13
3.3. LIMITES DE EMISSÃO DE POLUENTES .....	15
3.4. CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS .....	16
<b>3.4.1. Materiais Particulados</b> .....	16
<b>3.4.2. Compostos de Nitrogênio – NO<sub>x</sub></b> .....	17
<b>3.4.3. Monóxido de Carbono CO</b> .....	18
3.5. ORDENAMENTO JURÍDICO.....	18
3.6. AMOSTRAGEM ISOCINÉTICA .....	18
3.7. LAVANDERIAS DO PÓLO TEXTIL DE PERNAMBUCO .....	21
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	24
4.1. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS .....	24
4.2. COLETA DAS AMOSTRAS .....	25
4.3. MÉTODOS DE ANÁLISES .....	27
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	29
5.1. CARACTERÍSTICAS DA CHAMINÉ .....	29
5.2. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS TRANSVERSAIS DE AMOSTRAGEM NAS CHAMINÉS .....	30
5.3. RESULTADOS DAS COLETAS.....	31
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	35
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	36
<b>APÊNDICE</b> .....	39
<b>ANEXOS</b> .....	40

## 1. INTRODUÇÃO

Desde a era remota, quando o homem obteve a descoberta do fogo a aproximadamente 800 mil anos antes de Cristo, passou a atuar sobre a natureza de maneira transformadora e não consciente para a deterioração da qualidade do ar. Durante muito tempo a humanidade extraiu da natureza tudo o que lhe foi permitido, sem se preocupar se a fonte era inesgotável (RIBEIRO, 2009).

O ar puro é uma mistura de gases que contém 78% de nitrogênio, 20,1% de oxigênio, 0,9% de argônio, 0,03% de dióxido de carbono, 0,002% de neônio, 0,0005% de hélio. E o ar considerado poluído seria aquele definido com concentrações de gases, líquidos e sólidos suficientemente altos que quando adicionados ao ar puro causarão efeitos adversos (AARNE; MORGAN, 2004).

Na metade do século XX, a poluição do ar, já se tornava um sério problema nos centros urbanos. As atividades exercidas pelo homem, como consumo de energia, emissões veiculares e principalmente processos industriais, trouxeram consequências e efeitos negativos sobre a saúde pública, ecossistemas e materiais. Na saúde, ela provoca doenças agudas ou morte, doenças crônicas, encurtamento da vida ou dano ao crescimento. Aos materiais destacam-se danos como a abrasão, a deposição e a remoção, ataques químicos diretos e indiretos e a corrosão eletroquímica. Já os ecossistemas são afetados por diferentes mecanismos como a redução de capacidade de fotossíntese nas plantas e algas, deposição de poluentes no solo por carreamento pelas chuvas ou sedimentação. (BRAGA et al, 2005; DERISIO, 2012; RIBEIRO, 2009).

No interior do Estado de Pernambuco, na cidade de Caruaru, se desenvolveu nos últimos anos um pólo industrial têxtil bastante forte, onde encontram-se empresas com diversos portes, utilizando matérias primas e combustíveis diferentes para produções de diversificados produtos. O foco da região está voltado principalmente no que diz respeito a indústrias que trabalham com lavanderias de jeans e que utilizam de processos de geração de calor por combustão externa estacionária, onde se queima madeira e seus derivados como combustível, realizado em forno e/ou caldeira. Os produtos desta

combustão não entram em contato direto com o material ou produto processado, tendo apenas a função de geração de energia para o processo industrial, emitindo poluentes para a atmosfera através de suas chaminés.

De acordo com a grande demanda da região, a necessidade e a preocupação com a qualidade do ar, este trabalho tem por objetivo monitorar uma empresa de lavanderia têxtil, analisar e levantar dados de poluição atmosférica da mesma, a partir de coleta isocinética e análise laboratorial e comparar com os limites de emissão estipulados pela resolução CONAMA 436/2011, analisando a emissão de materiais particulados (MP), óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) e monóxido de carbono (CO).

## **2. OBJETIVO GERAL**

Analisar a emissão atmosférica de uma lavanderia têxtil do município de Caruaru - PE, e verificar se está se enquadra nas normas técnicas brasileiras de limites de poluição atmosférica.

### **2.1.OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Coletar e detectar a emissão de Materiais particulados;
- Coletar e detectar a emissão de NO<sub>x</sub>;
- Coletar e detectar a emissão de CO;
- Verificar se a emissão de tais poluentes se enquadra às normas técnicas brasileiras de limites de poluição atmosférica.
- Caso as emissões estejam acima dos limites estipulados, propor medidas atenuantes e/ou mitigadoras.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. ATMOSFERA E SUAS ESTRATIFICAÇÕES

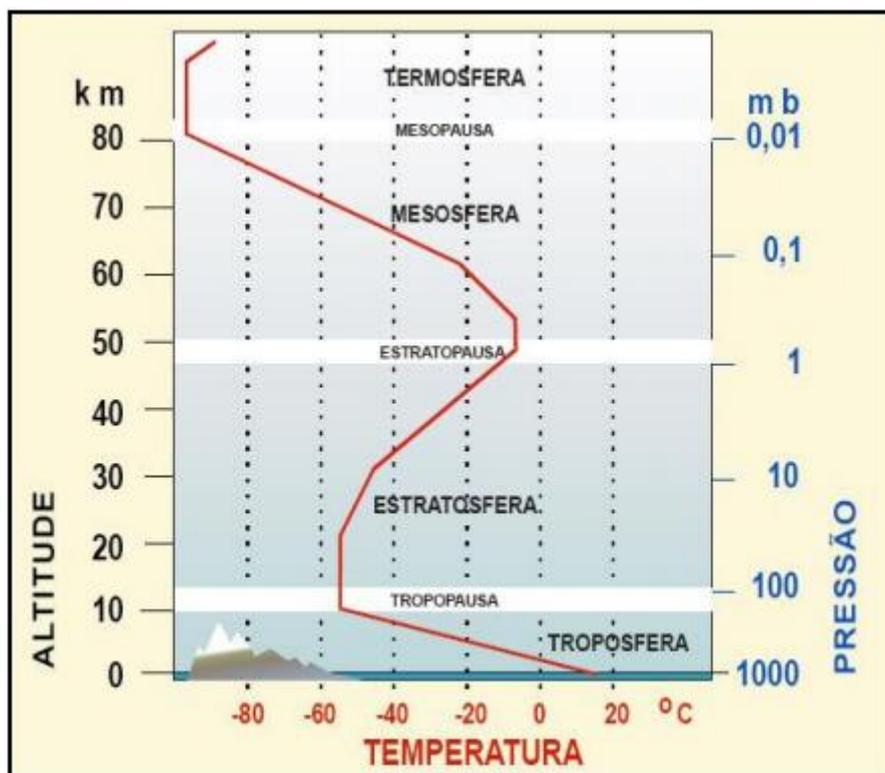
O termo atmosfera é dado à fina camada de 480 quilômetros de espessura que formada por gases reveste o planeta. Em sua estrutura, a atmosfera é classificada conforme o perfil de variação de temperatura com a altitude resultado caracterizado pela estratificação dos gases presentes em cada camada, da incidência de raios solares que penetram nosso planeta e da dispersão dessa radiação quando volta para o espaço. (BRAGA A et al, 2005)

Na camada mais elevada encontra-se a Termosfera ou Ionosfera alcançando uma altitude aproximada de 190 km, importante para as telecomunicações. Abaixo está a Mesosfera, camada com a temperatura mais baixa da atmosfera. Em seguida a camada mais espessa de ozônio, a Estratosfera, situada abaixo da Mesosfera protege a Terra dos raios ultravioleta provenientes do sol.

O ar atmosférico, encontra-se em sua maioria (90%) na primeira e mais fina camada, ao qual se dá o nome de Troposfera, situada em torno de 16 km de altitude, sendo responsável pela ocorrência das condições climáticas da Terra e onde ocorrem a maioria dos fenômenos relacionados com a poluição do ar, por isso essa camada é de fundamental importância (BRAGA A *et al*, 2005).

Na figura 1 podemos verificar o perfil vertical médio de temperatura na atmosfera:

**Figura 1.** Perfil vertical médio de temperatura na atmosfera.



Fonte: VIANELLO e ALVES, Meteorologia básica e Aplicações, 1991.

### 3.2. CONCEITO DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A variedade de substâncias que podem estar presentes na atmosfera é vasta, o que dificulta estabelecer uma classificação. O nível de qualidade do ar ou da poluição do ar pode ser medida pela quantificação das suas substâncias poluentes, onde é considerado poluente qualquer substância em concentrações elevadas, tornando o ar impróprio, inconveniente ao bem-estar da população, ofensivo e nocivo à saúde, danoso à fauna, flora e também aos materiais, prejudicial à segurança, ao uso da propriedade e às atividades normais da comunidade. (DERISIO, 2012).

Os episódios de poluição atmosférica excessiva que ocorreram em algumas cidades da Europa e Estados Unidos, entre as décadas de 30 e 50, devido à forte produção industrial, indiscutivelmente despertaram a consciência

dos pesquisadores em relação a necessidade de se buscar métodos de controle da emissão de poluentes do ar, mas só a partir do início da década de 60, que o governo norte-americano criou um programa federal de poluição atmosférica, delegando a responsabilidade do controle da emissão dos diversos poluentes atmosféricos e estabelecendo padrões de qualidade do ar. Surgiu então, a Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana (EPA), visando não só atingir as fontes de poluição móveis, mas também as estacionárias. Afim de efetivar um controle, a EPA especificou os seis poluentes atmosféricos que seriam controlados, quais sejam: partículas totais em suspensão, dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), ozônio (O<sub>3</sub>) e chumbo (Pb). (BRAGA B et al, 2001).

O aperfeiçoamento das formas de controle ambiental nos países desenvolvidos fez com que várias indústrias multinacionais de base migrassem para países periféricos em desenvolvimento, onde a legislação e controle fossem mais leves ou até mesmo inexistentes. No Brasil, ainda na década de 60, ocorreram na Região Metropolitana de São Paulo as primeiras iniciativas para monitoramento da qualidade do ar, através da Comissão Intermunicipal de Controle da Poluição das Águas e do Ar (CICPAA), que posteriormente viria a se tornar a Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico (CETESB) que conhecemos hoje. (BRAGA B et al, 2001).

Com relação ao controle de poluentes, a legislação federal impõe os padrões primários de qualidade do ar, cuja as concentrações quando ultrapassadas, poderão acarretar danos à saúde humana e os padrões secundários, onde os poluentes se encontram em níveis abaixo das quais se espera, gerando o mínimo de impacto sobre a saúde da população, da fauna e da flora. Essa definição, está constatada na Portaria normativa do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) de 14 de março de 1990, que em junho do mesmo ano, foi transformada em resolução pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que regulamentou de acordo com os padrões adotados pela EPA os níveis para cada poluente. (AARNE, P.V.; MORGAN, S.M., 2009) .

De acordo com Braga B *et al*, 2001, estes índices classificam a qualidade do ar em seis categorias:

- Boa (0 - 50): quando as concentrações de todos os poluentes estão abaixo de 50% de seus padrões de qualidade; ·
- Regular (51 - 100): quando a concentração de pelo menos um dos poluentes atinge o seu padrão de qualidade; ·
- Inadequada (101 - 199): quando a concentração de pelo menos um dos poluentes está entre o seu padrão de qualidade e os níveis de atenção; ·
- Má (200 - 299): quando a concentração de pelo menos um dos poluentes está entre os seus níveis de atenção e de alerta;
- Péssima (300 - 399): quando a concentração de pelo menos um dos poluentes está entre os seus níveis de alerta e de emergência;
- Crítica (maior que 400): quando a concentração de pelo menos um dos poluentes está acima do seu nível de emergência.

### 3.3. LIMITES DE EMISSÃO DE POLUENTES

Na tabela 1 encontra-se a CONAMA 436/2011, que estabelece os seguintes limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processo de geração de calor a partir da combustão de derivados da madeira:

**Tabela 1.** Limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de derivados de madeiras

Potência térmica nominal em Mega Watts (MW)	Materiais Particulados <sup>(1)</sup>	NO <sub>x</sub> <sup>(1)</sup> (como NO <sub>2</sub> )
MW < 10	730	Não aplicável
10 ≤ MW ≤ 50	520	650
MW > 50	300	650

<sup>(1)</sup> os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm<sup>3</sup>, em base seca a 8% de oxigênio.

Fonte: Resolução CONAMA 436/2011.

Os empreendimentos que utilizam de combustão como processo energético devem realizar o monitoramento periódico de monóxido de carbono.

Na tabela 2 encontra-se o limite máximo de emissão para o monóxido de carbono (CO):

**Tabela 2.** Limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de derivados da madeira.

Potência térmica nominal Mega Watts (MW)	CO <sup>(1)</sup>
MW < 0,5	7800
0,5 < MW ≤ 2	3900
2 < MW ≤ 10	3250

<sup>(1)</sup> os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm<sup>3</sup>, em base seca a 8% de oxigênio.

Fonte: Resolução CONAMA 436/2011

### 3.4. CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

São considerados contaminantes atmosféricos, substâncias químicas que influenciadas pelo clima, topografia, densidade populacional e do nível de atividades industriais no local, estejam em concentrações elevadas o suficiente para causar danos aos animais, vegetais, materiais e principalmente à saúde dos seres humanos. (BRAGA A et al, 2005)

#### 3.4.1. Materiais Particulados

Segundo Ribeiro (2009), os materiais particulados se caracterizam como uma mistura de substâncias inorgânicas e orgânicas, que podem estar dispersos no ar em forma de sólidos partículas finas e grossas de acordo com seus diâmetros e/ou em forma de gotículas de líquidos. Podem ser classificadas como poluentes primários se forem emitidas diretamente para a atmosfera e secundários formada por reações envolvendo outros poluentes, como os gases de SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub> que formam partículas de sulfatos e nitratos.

As emissões dos materiais particulados podem ocorrer de eventos naturais como as cinzas vulcânicas, incêndios florestais, sal marinho e o pólen, e podem ser provenientes de fontes antropogênicas como as unidades de geração de energia térmica, atividades comerciais e residenciais, veículos automotores e as indústrias. (RIBEIRO, 2009)

### **3.4.2. Compostos de Nitrogênio – NO<sub>x</sub>**

NO<sub>x</sub> é um termo usado para se referir aos compostos de nitrogênio. No que se refere à poluição atmosférica, apenas dois são considerados importantes: óxido nítrico ou monóxido de nitrogênio (NO), um gás tóxico incolor que reage espontaneamente com o oxigênio e fortemente com o ozônio, formando o dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), um gás avermelhado, altamente tóxico, extremamente reativo e um forte agente oxidante. Juntos, os dois se tornam os componentes mais emitidos em gases de combustão. Porém, essa denominação também pode incluir o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O - protóxido de nitrogênio ou gás hilariante), gás incolor e de efeito anestésico, o mais abundante dos compostos atmosféricos, como também outras formas de combinação menos comuns como o tetróxido de nitrogênio N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, o N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub> e o N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (DUCHIADE, 1992; HEISON & KABEL, 1999; BAUKAL, 2001).

As emissões de NO<sub>x</sub> desencadeiam vários processos atmosféricos que contribuem para a degradação do meio ambiente, tem-se destaque a deposição ácida através das chuvas, formação de ozônio a nível do solo, que apresenta concentrações elevadas cerca de 100 a 200 vezes a concentração do O<sub>3</sub> em relação a atmosferas não poluídas, e o aumento da concentração de gases do efeito estufa. Em suma, os ácidos presentes na chuva ácida podem ser formados durante o transporte das massas de ar que contém os poluentes primários, podendo dessa forma causar danos em locais bem distantes de onde foram gerados. Da mesma forma, o ozônio também pode viajar por grandes distâncias. Sendo assim, verifica-se que as emissões de NO<sub>x</sub> não podem ser consideradas apenas como um problema local (MAKANSI, 1988; REIS JR., 2005).

### 3.4.3. Monóxido de Carbono CO

O monóxido de carbono é um gás ligeiramente mais leve que o ar, incolor, inodoro e insípido. Produto intermediário das reações de combustão, na presença de oxigênio, de composto de carbono. Automóveis com motores com ignição por faísca são a principal fonte emissora de monóxido de carbono, seguidos de sistemas de geração de energia e os incineradores de resíduos, nas indústrias. Uma vez emitido para a atmosfera, entre dois e cinco meses o CO é oxidado a CO<sub>2</sub> (RIBEIRO, 2009).

### 3.5. ORDENAMENTO JURÍDICO

O exercício deste trabalho baseia-se na resolução CONAMA 436/2011, que estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007.

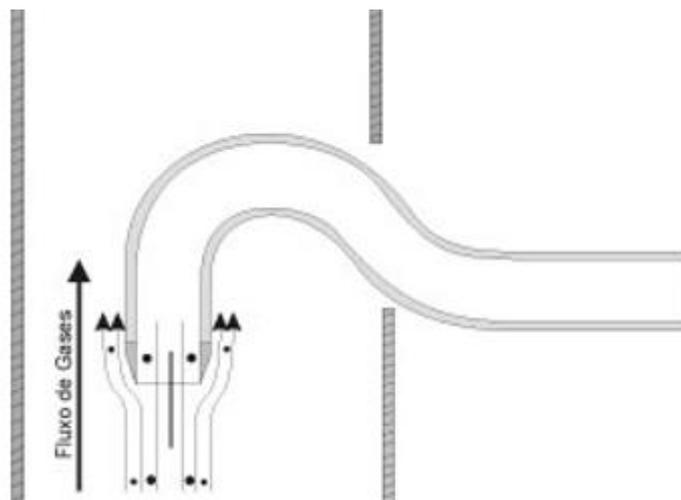
### 3.6. AMOSTRAGEM ISOCINÉTICA

De acordo com o Manual de Procedimentos da Companhia Pernambucana do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH, 1999): Amostragem em Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias, a palavra de origem grega *isocinética* significa igual velocidade. Pondo a teoria em prática, diz que o conjunto de equipamentos Sonda/PITOT deverá aspirar em uma velocidade igual a com que os gases deverão estar sendo emitidos pela chaminé. Neste caso, a amostragem deve ser coletada de forma representativa para todo o fluxo de gases emitidos pela chaminé, é necessário que os equipamentos obedeçam aos critérios proporcionais para uma correta medição.

Em princípio, numa amostragem em chaminé, só podem ocorrer três situações diferentes. A saber:

Situação 01: Amostragem menor que a velocidade do fluxo gasoso emitido pelo duto ou chaminé, conforme figura 02.

**Figura 2.** Amostragem do duto ou chaminé, situação 01.

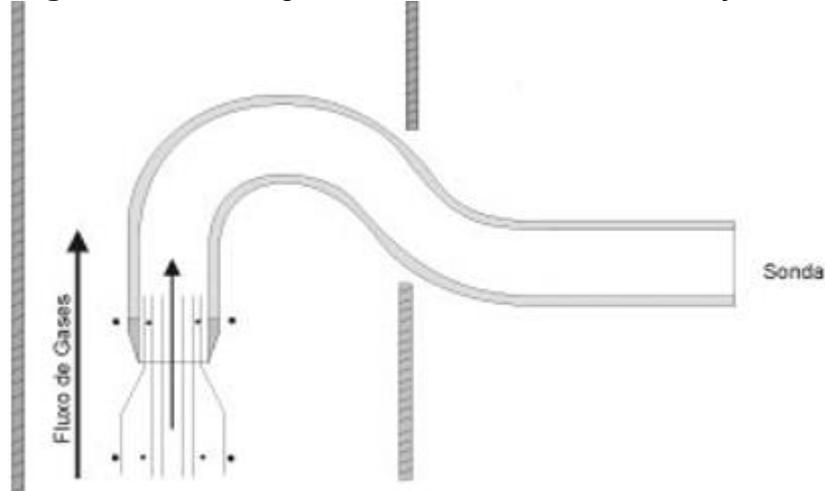


Fonte: Amostragem em Dutos e Chaminés de fontes Estacionárias: Manual de procedimentos. CPRH, 1999

Neste caso, devido ao semibloqueio da boquilha, algumas linhas do fluxo desviam parte dos gases que teriam entrado para coleta e somente succionado na pequena porção destes.

Situação 02: Velocidade maior que a velocidade do fluxo gasoso emitido pelo duto ou chaminé, conforme figura 03.

**Figura 3.** Amostragem do duto ou chaminé, situação 02.



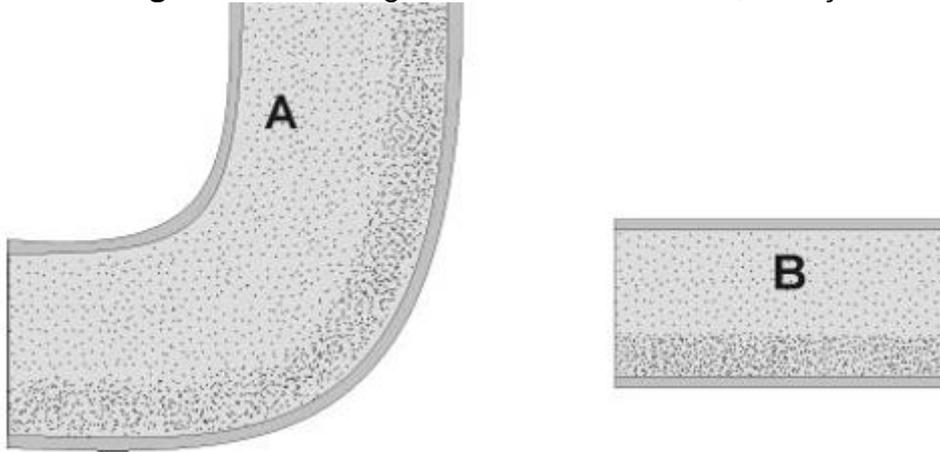
Fonte: Amostragem em Dutos e Chaminés de fontes Estacionárias: Manual de procedimentos. CPRH, 1999

Devido sua inércia, as partículas maiores não acompanham este desvio dos gases e continuam numa trajetória praticamente reta, de forma que não são capturadas pela sonda.

Situação 03: Segregação das partículas, velocidade de amostragem igual à velocidade do fluxo gasosos emitido pelo duto ou chaminé, visualizada na figura 04, devido aos seguintes fatores:

- a) Em função do sistema de alimentação utilizada, a velocidade dos gases na chaminé varia.
- b) Movimento das partículas no fluxo gasoso apresentando segregação ou distribuição não uniforme, devido a força centrífuga ou por sedimentação nos dutos ou chaminé.

**Figura 4.** Amostragem do duto ou chaminé, situação 03.



Fonte: Amostragem em Dutos e Chaminés de fontes Estacionárias: Manual de procedimentos. CPRH, 1999

Considerando estas variáveis, para se obter uma amostra representativa dos gases, desenvolveu-se uma metodologia que implica em coletar em vários pontos que cubram a seção de maneira uniforme, ou seja, coletar não apenas no meio da chaminé mas de acordo com a distribuição transversal da mesma. Isto implica de forma prática, acoplar junto a boquilha, um sensor de velocidade denominado Tubo Pitot, que permite delinear a percentagem de isoneticidade, quando a velocidade dos gases que estão sendo amostrados na ponta da boquilha ( $V_b$ ) for igual à velocidade do fluxo dos gases no duto ou chaminé ( $V_c$ ):

Equação 1:

$$I(\%) = V_b/V_c \times 100$$

Onde I = Variação Isocinética (%)

### 3.7. LAVANDERIAS DO PÓLO TEXTIL DE PERNAMBUCO

No processo pelo qual o jeans é submetido em uma lavanderia tem-se como primeira etapa a desengomagem das peças, que são lavadas em máquinas com produtos químicos para a retirada da goma que os tecidos

recebem quando são produzidos. Logo após, ocorre a estonagem, na qual o tecido sofre um desgaste físico, sendo preparado para receber corantes e alvejantes. Para isso, as peças são colocadas nas máquinas de lavar juntamente com pedras de argila expandida. Depois desse processo, vem à parte da secagem e centrifugação, onde as peças são secadas e são retirados os resíduos de restos de tecidos e das pedras, deixados pela estonagem nas secadoras e centrífugas.

A próxima etapa é denominada *used* que permite uma mudança na cor de algumas partes da roupa. Esse processo é feito com o uso de esponjas ou pistolas de ar comprimido com um componente químico. Em seguida, vem à fase de desbotar, onde é modificada a cor original; a de tingimento, onde novamente são adicionados produtos às roupas nas máquinas de lavar, fazendo com que estas atinjam a cor desejada pelos clientes; a de alvejamento, onde se pode descolorir o tecido e obter peças brancas.

Com o jeans praticamente pronto, é feita a neutralização, onde as peças são colocadas nas máquinas de lavar para a retirada e neutralização dos produtos químicos usados nas fases anteriores. Logo após, ocorre uma nova lavagem para a retirada dos resíduos dos produtos químicos utilizados na neutralização e outra lavagem para adição de amaciantes. Depois vem a secagem com centrifugação, onde as peças são secas nas centrífugas. Finalmente, tem-se o passamento, onde é comum a utilização de ferros manuais na Região.

Na lavagem, as roupas passam repetidas vezes pelas máquinas de lavar, sendo adicionados produtos químicos em cada uma delas. Toda a água utilizada é descartada, sendo reaproveitada ou não na fase seguinte. O grande volume de água que precisa ser usado para realizar a lavagem das peças é justificado pelo fato de que para que a lavagem seja eficiente, devem ser retirados todos os resíduos de produtos químicos adicionados a cada fase, para evitar que os tecidos sofram danos ou tenham sua vida útil reduzida por reações químicas indesejadas.

A utilização da biomassa (madeira) no processo de produção de energia requerida pelas lavanderias, é para ser queimada como combustível para abastecimento das caldeiras, que por sua vez tem função de gerar vapor através do aquecimento de água e alimentar as máquinas térmicas.



## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

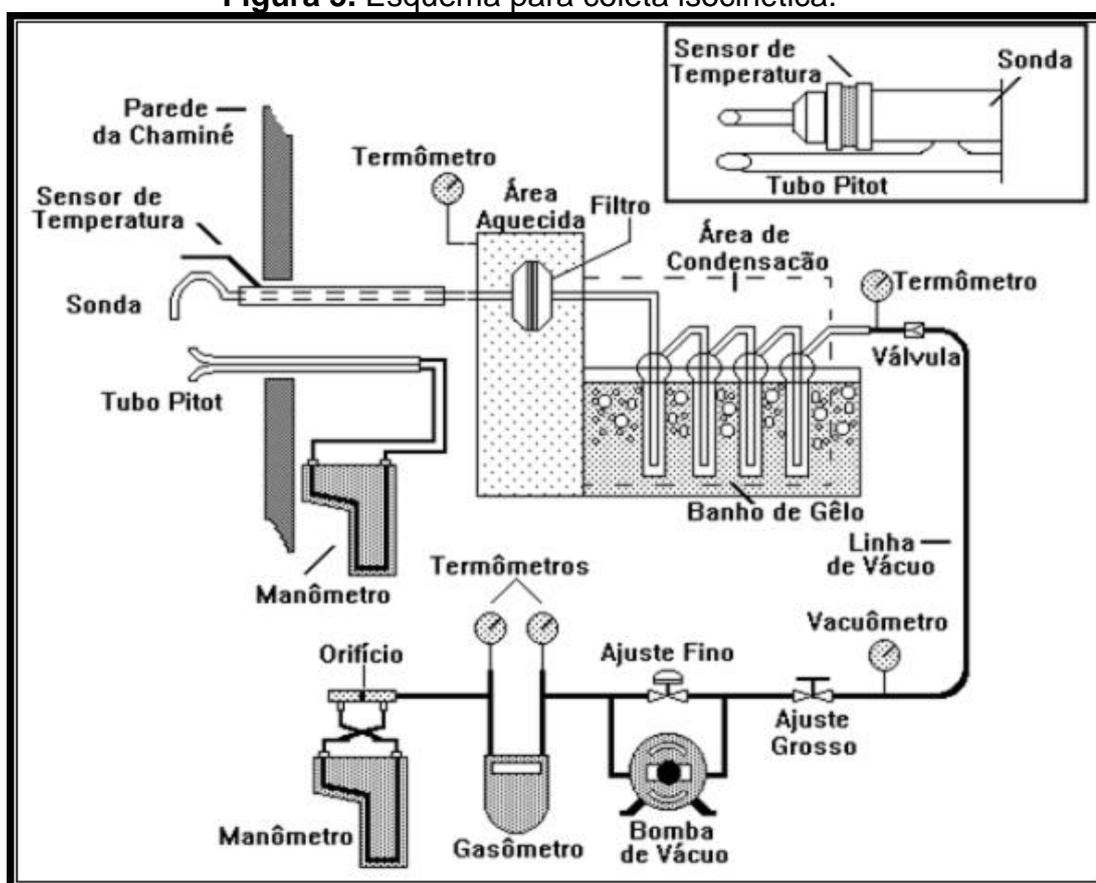
### 4.1. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

A realização das análises isocinéticas efetuada através do coletor isocinético de poluentes atmosféricos CIPA Modelo TE -753 fabricado pela empresa Tecnal.

O equipamento de amostragem utilizado durante a coleta é constituído de painel de controle, compartimento de caixa quente e fria, extensão flexível e sonda de 1 m. Partes do equipamento tais como gasômetro, placa de orifício e tubo Pitot, são periodicamente calibrados em laboratório certificado, seguindo a norma NBR-12020 de 1992 – calibração dos equipamentos utilizados na amostragem de efluentes gasosos.

Na figura 5 encontra-se o esquema para coleta isocinética:

**Figura 5.** Esquema para coleta isocinética.



Fonte: Amostragem em Dutos e Chaminés de fontes Estacionárias: Manual de procedimentos. CPRH, 1999

## 4.2. COLETA DAS AMOSTRAS

Para realização de referida pesquisa serão adotados como métodos de coleta de poluentes atmosféricos as seguintes NBRs:

- ⇒ **NBR 10.700/89** - Planejamento de amostragem em dutos e chaminés de fontes estacionárias – resumo do método: (faz-se um estudo prévio do processo para que se possam selecionar os parâmetros a serem monitorados, bem como possíveis melhorias nas estruturas da fonte de emissão);
- ⇒ **NBR 10.701/89** – Determinação de Pontos de Amostragens em Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias - O ponto de amostragem deve possuir dois ou quatro orifícios críticos defasados de 90°, para fontes circulares, e matrizes para o caso de fontes retangulares, além de não poder existir distúrbios dos fluxos dos gases, ou seja, as distâncias equivalentes devem ser de **2, 4 ou 8** diâmetros a **jusantes**, e **0,5, 1 e 2** diâmetros a **montante** de acidentes (Curvas, joelhos, expansão, chama visível, etc.);
- ⇒ **NBR 10.702/89** – Efluentes Gasosos em Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias, Determinação da Massa Molecular Seca e excesso de ar no fluxo gasoso (após análises dos gases de combustão através do aparelho de Orsat, ou eletrônico, a Massa Molecular Seca é calculada através da seguinte formula ( $MMS = 0,44 \times (\% CO_2) + 0,32 \times (\% O_2) + 0,28 \times [(\% N_2) + (\% CO)]$ )), e o excesso de ar é calculado pela seguinte formula:

Equação 2, calculo do excesso de ar (% EA):

$$\%EA = \frac{100 \times [(\%O_2) - 0,5 (\%CO)]}{0,264 \times [(\%N_2 - (\%O_2) + 0,5 (\%CO))]}$$

⇒ **NBR 11966/89** - Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias - Determinação da velocidade e vazão (usando um tubo de pitot acoplado a um manômetro devidamente calibrado e capaz de medir a variação de Delta P numa faixa que possa estar dentro do que desejam medir, e após analisar a massa molecular seca e temperatura da chaminé, faz-se os cálculos da vazão e velocidade, através das seguintes fórmulas:

**Equação 3:**

$$v = K1Cp(\sqrt{\Delta p})m \sqrt{\frac{(T)}{(PMM)}} \quad \text{ou} \quad Q_{NBS} = \frac{3600 (1-Bag)VAT_N P}{TP_n}$$

Onde:

V = Velocidade média do gás, em m/s.

Q<sub>NBS</sub> = Vazão volumétrica média do gás seco, na condição normal, em Nm<sup>3</sup>/h.

Δp = Pressão de velocidade dos gases, em Pa.

(√Δp) m = Média das raízes quadradas de Δp (em Pa)

Cp = Coeficiente do tubo Pitot, adimensional.

K 1 = Fator de conversão. No Sistema Internacional

**Equação 4:**

$$K1 = 128,96 \frac{m}{s} \times \frac{g/g \text{ mol}^{0,5}}{K}$$

MMu = Massa molecular do gás, base úmida, em g/g mol

MMu = MMs ( 1 - Bag ) + 18 Bag

MMs = Massa molecular do gás, base seca, g/g mol.

P = Pressão absoluta do gás, em Pa ( P = Patm + Pe )

Patm = Pressão atmosférica, em Pa.

- $P_e$  = Pressão estática do gás na chaminé ou duto, em Pa
- $T$  = Temperatura absoluta média do gás na chaminé ou duto, em K
- $B_{ag}$  = Umidade dos gases, expressa nos termos de proporção em volume do vapor de água do fluxo gasoso.
- $T_n$  = Temperatura absoluta da condição normal = 273 K
- $P_n$  = Pressão absoluta da condição normal = 101 325 Pa.
- $A$  = Área da seção transversal da chaminé ou duto, na seção de amostragem, em  $m^2$ .
- 3600 = Fator de conversão, em segundo / hora.
- 18 = Massa molecular da água, em g/g mol

**Pressão de velocidade**  $\Rightarrow$  Pressão produzida pelo deslocamento de um fluido. Esta pressão é exercida no mesmo sentido da velocidade do fluido. Também chamada pressão cinética.

**Velocidade média**  $\Rightarrow$  Média aritmética das velocidades numa seção transversal de um duto ou chaminé medida nos pontos de amostragem.

**Vazão volumétrica média**  $\Rightarrow$  Volume de um gás que passa através da seção transversal de um duto ou chaminé por unidade de tempo.

**Condição normal (dos gases numa chaminé ou duto)**  $\Rightarrow$  Temperatura de 0°C e pressão de 101 325 Pa (760 mmHg).

$\Rightarrow$  **NBR 11967/89** – Efluentes Gases (a umidade dos gases é encontrada através de um dos seguintes métodos: Bulbo úmido e bulbo seco, método aproximado, onde se faz uma pré-coleta e calcula a massa de água condensada e ou método do fluxo saturado, onde mede a pressão de vapor da água no fluxo);

#### 4.3. MÉTODOS DE ANÁLISES

Para realização de referida pesquisa adotados como métodos de coleta de poluentes atmosféricos as seguintes NBRs:

- ⇒ **NBR 12019/90** – Efluentes Gasosos em Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias, Determinação de **Material Particulado** - Método de ensaio (usando um filtro de fibra de vidro, lavagens da sonda e cordão umbilical, as partículas retidas nos mesmos são analisadas por gravimetria e os resultados das massas, usam-se nos cálculos das concentrações e taxas de emissões);
- ⇒ **NBR 12021/90** – Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias – Determinação de **Dióxido de Enxofre e Névoas de Ácido Sulfúrico e Trióxido de Enxofre** (São absorvidos em soluções de Peróxidos de Hidrogênio 3% e Álcool Isopropílico 80% respectivamente, e analisados por método de titulometria com o Perclorato de Bário 0,01 N);
- ⇒ **US-EPA-method 7B-9/17/90 e CETESB L9. 229** – Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias – Determinação de **Óxidos de Nitrogênio** (é amostrado sob pressão de vácuo em um balão cilíndrico de 2,0 litros, e absorvido em solução de ácido sulfúrico P.A, Peróxido de Hidrogênio e analisado por meio de espectrofotômetro de UV visível);
- ⇒ **Method US – EPA 3A** – Determinação de CO, CO<sub>2</sub>, e O<sub>2</sub>, Instrumental, onde a leitura é direta no Instrumento.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. CARACTERÍSTICAS DA CHAMINÉ

As características da chaminé avaliada através de amostragem isocinética estão descritas nas tabelas 3 e 4:

**Tabela 3.** Descrição da chaminé da caldeira Modelo – B1 – M

Data das coletas	13/02/2016 e 07/05/2016
Hora inicial	10hs00min
Hora final	14hs00min
Temperatura da chaminé	108,97° C
Pressão Estática	4,96 mmHg
Pressão atmosférica durante a amostragem	751 mmHg
Umidade	15,78 % v/v
Diâmetro da chaminé	0,48 m
Velocidade dos gases durante a amostragem	11,18 m/s

Fonte: dados da pesquisa

**Tabela 4.** Característica chaminé da caldeira Modelo – B1 – M

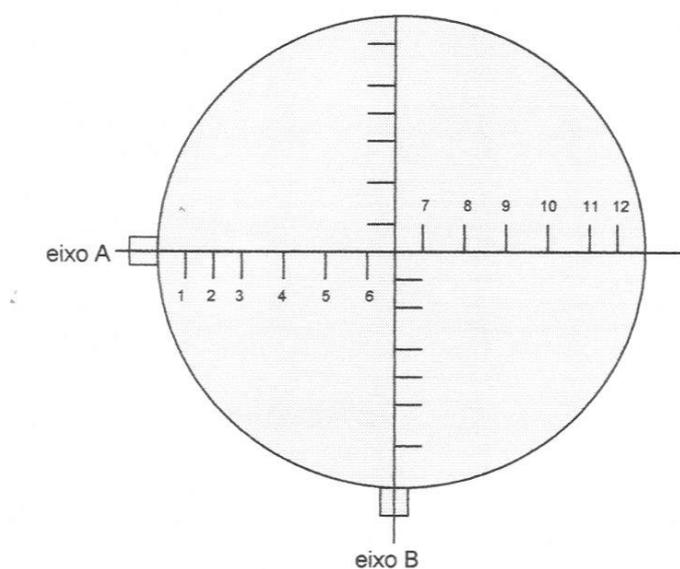
Fabricante	Benecke Irmãos & CIA – LTDA
Combustível	Biomassa
Consumo de combustível / alimentação	500 Kg/h
Produção nominal de vapor	2.000 kg vapor/h

Fonte: dados da pesquisa

## 5.2. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS TRANSVERSAIS DE AMOSTRAGEM NAS CHAMINÉS

A figura 6 representa os pontos internos de coleta da amostragem na chaminé, para aumentar a precisão das análises isocinéticas.

**Figura 6.** Ilustração dos pontos internos na chaminé



Fonte: Amostragem em Dutos e Chaminés de fontes Estacionárias: Manual de procedimentos. CPRH, 1999

**Tabela 5.** Seção das chaminés

Pontos amostrados	Distancia da boquilha à parede (cm)
A1 = B1	10,32
A2 = B2	13,38
A3 = B3	17,88
A4 = B4	30,12
A5 = B5	34,62
A6 = B6	37,68

Fonte: dados da pesquisa

### 5.3. RESULTADOS DAS COLETAS

A tabela 6 mostra os resultados das coletas isocinéticas do primeiro dia, realizado na data de 13/02/2016. Pela tabela é possível observar que além das análises de material particulado – MP, Monóxido de Carbono – CO, exigidas pela resolução CONAMA 436/2011, também foram coletadas e analisadas amostras de Óxido de Nitrogênio - NO<sub>x</sub>, Óxido de Enxofre – SO<sub>x</sub> e Dióxido de Carbono CO<sub>2</sub> para verificação dos poluentes que estão sendo eliminados para a atmosfera.

**Tabela 6.**Resultado final da 1ª amostragem

<b>RESULTADO FINAL DA 1ª AMOSTRAGEM – CHAMINÉ DA CALDEIRA MODELO – BENECKE 1 – M.</b>					
<b>Parâmetros</b>	<b>Potência Térmica Nominal MW/h (Informada pelo cliente)</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidade</b>	<b>*Valores Permitidos (CONAMA 436/2011)</b>	<b>Situação</b>
Concentração do material Particulado (MP) Corrigido	<b>2,1</b>	<b>0,21</b>	<b>mg/Nm<sup>3</sup></b>	<b>730</b>	* Atendem aos limites estabelecidos
Concentração do Óxido de Nitrogênio (NO <sub>x</sub> ) Corrigido		<b>26,32</b>		<b>N/A</b>	-
Concentração do Óxido de Enxofre (SO <sub>x</sub> ) Corrigido		<b>59,44</b>		<b>N/A</b>	-
Concentração do Monóxido de Carbono (CO) Corrigido		<b>0,49</b>		<b>3250</b>	* Atendem aos limites estabelecidos
Concentração de Dióxido de Carbono CO <sub>2</sub>		<b>0,63</b>		<b>N/A</b>	-

Fonte: dados da pesquisa

**Obs:** Potência Nominal (MW) é determinante para enquadramento com referência em valores permissíveis pela legislação.

Para cada faixa de Potência Nominal (MW) os parâmetros admitem valores distintos.

**N/A = Não se aplica.** O termo estabelece que os resultados encontrados não são aplicáveis mediante aos limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de derivados da madeira, determinados na resolução CONAMA 436/2011.

O resultado da amostragem para materiais particulados foi 0,21 mg/Nm<sup>3</sup> para chaminé da caldeira Benecke 1 – M, com potência térmica nominal de 2,1 MW/h. Atendendo assim, as exigências da resolução CONAMA 436/2011 que determina o limite de 730 mg/Nm<sup>3</sup>.

O resultado da amostragem para Óxidos Nitrosos (NO<sub>x</sub>) foi 26,32 mg/Nm<sup>3</sup> para chaminé da caldeira Benecke 1 – M, com potência térmica nominal de 2,1 MW/h. Resultado este que segundo a resolução CONAMA 436/2011 não é aplicável quando o combustível de alimentação for biomassa.

O resultado da amostragem para Óxidos de Enxofre (SO<sub>x</sub>) foi 59,34 mg/Nm<sup>3</sup> para chaminé da caldeira Benecke 1 – M, com potência térmica nominal de 2,1 MW/h. Resultado este que, segundo a resolução CONAMA 436/2011, não é aplicável quando o combustível de alimentação for biomassa.

O resultado da amostragem para Monóxido de Carbono (CO) foi 0,49 mg/Nm<sup>3</sup> para chaminé da caldeira Benecke 1 – M, com potência térmica nominal de 2,1 MW/h. Atendendo assim, as exigências da resolução CONAMA 436/2011, que determina o limite de 3250 mg/Nm<sup>3</sup>.

O resultado da amostragem para Dióxidos de Carbono (CO<sub>2</sub>) foi 0,63 mg/Nm<sup>3</sup> para chaminé da caldeira Benecke 1 – M, com potência térmica nominal de 2,1 MW/h. Resultado este que, segundo a resolução CONAMA 436/2011, não é aplicável quando o combustível de alimentação for biomassa.

A tabela 7 mostra os resultados da segunda coleta isocinética, realizado na data de 07/05/2016.

**Tabela 7.** Resultado final da 2ª amostragem

<b>RESULTADO FINAL – CHAMINÉ DA CALDEIRA MODELO – BENECKE 1 – M.</b>					
<b>Parâmetros</b>	<b>Potência Térmica Nominal MW/h (Informada pelo cliente)</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidade</b>	<b>*Valores Permitidos (CONAMA 436/2011)</b>	<b>Situação</b>
Concentração do material Particulado (MP) Corrigido	<b>2,1</b>	<b>0,64</b>	<b>mg/Nm<sup>3</sup></b>	<b>730</b>	* Atendem aos limites estabelecidos
Concentração do Óxido de Nitrogênio (NO <sub>x</sub> ) Corrigido		<b>75,50</b>		<b>N/A</b>	-
Concentração do Óxido de Enxofre (SO <sub>x</sub> ) Corrigido		<b>119,37</b>		<b>N/A</b>	-
Concentração do Monóxido de Carbono (CO) Corrigido		<b>26,61</b>		<b>3250</b>	* Atendem aos limites estabelecidos
Concentração de Dióxido de Carbono CO <sub>2</sub>		<b>0,47</b>		<b>N/A</b>	-

Fonte: dados da pesquisa

**Obs:** Potência Nominal (MW) é determinante para enquadramento com referência em valores permissíveis pela legislação.

Para cada faixa de Potência Nominal (MW) os parâmetros admitem valores distintos.

**N/A = Não se aplica.** O termo estabelece que os resultados encontrados não são aplicáveis mediante aos limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de derivados da madeira, determinados na resolução CONAMA 436/2011.

O resultado da amostragem para Materiais Particulados foi 0,64 mg/Nm<sup>3</sup> para chaminé da caldeira Benecke 1 – M, com potência térmica nominal de 2,1 MW/h. Atendendo assim, as exigências da resolução CONAMA 436/2011, que determina o limite de 730 mg/Nm<sup>3</sup>.

O resultado da amostragem para Óxidos Nitrosos ( $\text{NO}_x$ ) foi  $75,50 \text{ mg/Nm}^3$  para chaminé da caldeira Benecke 1 – M, com potência térmica nominal de 2,1 MW/h. Resultado este que, segundo a resolução CONAMA 436/2011, não é aplicável quando o combustível de alimentação for biomassa.

O resultado da amostragem para Óxidos de Enxofre ( $\text{SO}_x$ ) foi  $119,37 \text{ mg/Nm}^3$  para chaminé da caldeira Benecke 1 – M, com potência térmica nominal de 2,1 MW/h. Resultado este que, segundo a resolução CONAMA 436/2011, não é aplicável quando o combustível de alimentação for biomassa.

O resultado da amostragem para Monóxido de Carbono ( $\text{CO}$ ) foi  $26,61 \text{ mg/Nm}^3$  para chaminé da caldeira Benecke 1 – M, com potência térmica nominal de 2,1 MW/h. Atendendo assim, as exigências da resolução CONAMA 436/2011, que determina o limite de  $3250 \text{ mg/Nm}^3$ .

O resultado da amostragem para Dióxidos de Carbono ( $\text{CO}_2$ ) foi  $0,47 \text{ mg/Nm}^3$  para chaminé da caldeira Benecke 1 – M, com potência térmica nominal de 2,1 MW/h. Resultado este que, segundo a resolução CONAMA 436/2011, não é aplicável quando o combustível de alimentação for biomassa.

## 6. CONCLUSÃO

Após as coletas e análises da emissão atmosférica de uma lavanderia têxtil do município de Caruaru – PE, verificou-se que a mesma se enquadra nas normas técnicas brasileiras de limites de poluição atmosférica, emitindo quantidades muito inferiores do que está preconizado na norma.

As coletas e detecções das emissões de materiais particulados, óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono, foram realizadas com sucesso através do sistema de análise isocinéticas e verificou-se que as emissões de tais poluentes se enquadram às normas técnicas brasileiras de limites de poluição atmosférica.

Como as emissões estão muito abaixo dos limites estipulados, não foi necessário propor medidas atenuantes e/ou mitigadoras.

## REFERÊNCIAS

- AARNE, P.V.; MORGAN, S.M. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.700**: Poluição do ar: Terminologia; Planejamento de amostragem em dutos e chaminés de fontes estacionárias. Rio de Janeiro, 1989.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10701**: Poluição do ar: Terminologia; Determinação de pontos de amostragem em dutos e chaminés de fontes estacionárias. Rio de Janeiro, 1989.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.702**: Poluição do ar: Terminologia ; Efluentes Gasosos em Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias, Determinação da Massa Molecular Seca e excesso de ar no fluxo gasoso. Rio de Janeiro, 1989.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11.966**: Poluição do ar: Terminologia ; Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias - Determinação da velocidade e vazão. Rio de Janeiro, 1989.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11.967**: Poluição do ar: Terminologia ; Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias - Determinação da umidade dos gases. Rio de Janeiro, 1989.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.019**: Poluição do ar: Terminologia ; Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias - Determinação de Material Particulado. Rio de Janeiro, 1990.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.021**: Poluição do ar: Terminologia; Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias – Determinação de dióxido de enxofre, trióxido de enxofre e névoas de ácido sulfúrico. Rio de Janeiro, 1990.

- BAUKAL, Charles E.; **The John Zink Combustion Handbook**. CRC Press, Boca Raton, Florida, 2001.
- BRAGA A *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2ª ed. 2005.
- BRAGA B, A., AMADOR, L.A.P, NASCIMENTO, P.H.S. **Poluição Atmosférica e seus Efeitos na Saúde Humana**. REVISTA USP, São Paulo: n.51, p. 58-71, setembro/novembro 2001.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL CETESB. **Relatório de qualidade do ar na região metropolitana de São Paulo e Cubatão**. São Paulo, 1993.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL CETESB **L9. 229**: Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias, Determinação de Óxidos de Nitrogênio: Método de Ensaio – L9. 229. São Paulo, 1992.
- COMPANHIA PERNAMBUCANA DO MEIO AMBIENTE **CPRH**: Amostragem em Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias: Manual de Procedimentos. Recife: CPRH/GTZ, 1999.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO. **CONAMA**: Resolução nº 436, de 2011.
- DERISIO, J.C; **Introdução ao controle de poluição ambiental**. São Paulo: Oficina de textos, 4ª ed. 2012.
- DUCHIADE, Milena P. **Poluição do ar e doenças respiratórias: uma revisão Cad. Saúde Pública** v.8 n.3 Rio de Janeiro jul./set. 1992.
- HEINSON, Robert Jennings; KABEL, Robert Lynn. **Sources and control of air pollution**. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 1999.
- MAKANSI, Jason; Reducing NOx Emission, **Power**, September 1988.
- REIS Jr., Neyval Costa. **Poluição do Ar – Módulo I**. Departamento de Engenharia Ambiental – Centro de Tecnologia – Universidade Federal do

Espírito Santo – 2005. Disponível em [http://www.inf.ufes.br/~neyval/Rec-Atm\(modulol\).pdf](http://www.inf.ufes.br/~neyval/Rec-Atm(modulol).pdf). Acessado em 06/09/15.

- RIBEIRO, N. V. **Poluição do ar: indicadores ambientais**. Rio de Janeiro: E-papers, 2009.

- U.S. ENVIRONMENTAL Protection Agency. **Determination of Nitrogen Óxide** Emissions From stationary Sources. Method 7b. States United, 1993.

- U.S. ENVIRONMENTAL Protection Agency. **Determination de CO, CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>**, Emissions From stationary Sources – Method 3A. States United, 1993.

- U.S. ENVIRONMENTAL Protection Agency, **Alternative Control Techniques Document – Nox Emission from Process Heaters**, U.S. EPA Report EPA - 453/R-93-034, September, 1993.

- VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e Aplicações**. Viçosa – MG: Imprensa Universitária, 1991.

# APÊNDICE

## APÊNDICE A – CARTA DE ANUÊNCIA

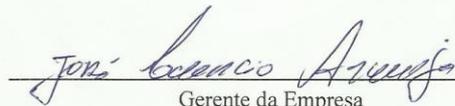
APÊNDICES

APÊNDICE A- CARTA DE ANUÊNCIA

Prezado Senhor, José Laércio Araújo de Lima.

Eu, Henrique Dias Pereira, Estudante da FACULDADE ASCES, portador do RG: 13.699.963 SSP/MG, inscrito no PCF: 116.159.046-38, pretendo realizar a pesquisa intitulada de: ANÁLISE DE EMISSÃO ATMOSFÉRICA DE UMA LAVANDERIA TÊXTIL DA CIDADE DE CARUARU-PE, sobre a orientação da Profª. MSc. Mariana Ferreira Martins Cardoso, cujo objetivo é realizar análise laboratorial da emissão atmosférica, coletada a partir de amostragem isocinética na chaminé da caldeira da lavanderia em questão. Venho através desta, solicitar sua autorização para realizar estas análises no Laboratório de Engenharia Ambiental, da ASCES.

Na certeza de contar com sua colaboração, agradeço antecipadamente a atenção, ficando á disposição para quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessário.

  
Gerente da Empresa

  
DEIVSON CÉSAR SILVA SALES  
Coordenador / Curso de Engenharia Ambiental  
ASCES - Campus II

Caruaru  
Outubro de 2015

# ANEXOS

## ANEXO 1 – CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO ANALISADOR DE GASES



**serviços industriais**  
calibração

Página 1 de 2

**Certificado de Calibração** **N° 46242/1**

**Dados do Cliente**

Contratante: **ECO CONSULTORIA AMBIENTAL E COMERCIO LTDA**  
Endereço: **RUA ALZIRA VIDAL DE OLIVEIRA, 641 - PETROPOLIS - CARUARU/PE**  
Cliente: **O mesmo**

**Dados do Instrumento**

Instrumento: **Analizador de gases**      Faixa(s) de Medição: **Oxigênio - 0..21 %mol/mol**  
Marca: **Testo**      **Monóxido de Carbono - 0..4000 µmol/mol**  
Modelo: **310**  
Identificação Cliente: **Não Consta**  
Identificação Fabricante: **0583 3100**  
Número de Série: **42819889**  
Id. Sensor/Sonda: **Não Consta**

**Dados da Calibração**

DATA DA CALIBRAÇÃO: **09/11/15**      DATA DE EMISSÃO: **09/11/15**  
ORDEM DE SERVIÇO Nº: **46242**      CONDIÇÕES AMBIENTAIS: **Temperatura: 23 ± 5°C e Umidade: 45 à 70%ur.**  
LOCAL DA CALIBRAÇÃO: **Laboratório da Testo**

**Dados do Procedimento**

O analisador foi calibrado realizando seis leituras em cada gás de referência e expressa a média como resultado de cada ponto.  
Procedimento interno: PO - 5.4-003 revisão 07

**Dados dos Padrões**

Código	Descrição	Data Calibração	N° do Certificado	Laboratório	Validade	Rastreabilidade
Padrão 11 - O2	Gás referencia O2 2,7%	15/05/15	41322884	White Martins	mai-17	RBC
Padrão 12 - O2	Gás referencia O2 10,0 %	23/01/15	41278154	White Martins	jan-20	RBC
Padrão 11 - CO	Gás referencia CO 140 ppm	15/05/15	41322884	White Martins	mai-17	RBC
Padrão 12 - CO	Gás referencia CO 1000 ppm	23/01/15	41278154	White Martins	jan-20	RBC

**Testo do Brasil - Instrumentos de Medição Ltda.**  
Av. Engenheiro Artur Segurado, 615 - Jardim Leonor - CEP 13041-070 - Campinas - SP - Brasil  
Fone: 19 3731-5816 - Fax: 19 3731-5819 - E-mail: calibracao@testo.com.br - www.testo.com.br



**Certificado de Calibração**

**N° 46242/1**

**Resultados**

Tipo do gás:		Oxigênio		INCERTEZA EXPANDIDA MEDIÇÃO			UNIDADE LEITURA
VALOR DE REFERÊNCIA	LEITURA NO INSTRUMENTO	ERRO ENCONTRADO	VALOR	FATOR K	VEFF		
2,7	2,8	0,1	0,2	2,00	∞	%mol/mol	
10,0	10,2	0,2	0,2	2,06	42	%mol/mol	

Tipo do gás:		Monóxido de Carbono		INCERTEZA EXPANDIDA MEDIÇÃO			UNIDADE LEITURA
VALOR DE REFERÊNCIA	LEITURA NO INSTRUMENTO	ERRO ENCONTRADO	VALOR	FATOR K	VEFF		
140	141	1	5	2,00	∞	µmol/mol	
1.006	998	-8	18	2,00	∞	µmol/mol	

**Observações**

- 1 - Erro encontrado = Leitura no instrumento - valor de referência e  $V_{eff}$  = Graus de liberdade efetivos.
- 2 - Esta calibração não isenta o instrumento do controle metrológico estabelecido na regulamentação metrológica.
- 3 - A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência K (descrito acima), o qual para uma distribuição t-student com  $V_{eff}$  (descrito acima) graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. Se  $V_{eff} = \infty$ , então a distribuição é normal e  $K = 2$ .
- 4 - A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.
- 5 - O presente certificado refere-se exclusivamente ao instrumento calibrado sendo proibida a reprodução parcial deste certificado.
- 6 - Conversão de unidades:  $1 \mu\text{mol/mol} = 1 \text{ ppm} = 0,0001\% \text{ mol/mol}$ .
- 7 - As unidades de leitura descritas acima referem-se somente aos respectivos valores de referência, leitura no instrumento, desvio encontrado e valor da incerteza de medição. Os valores do valor K e  $V_{eff}$  são adimensionais.

Técnico Executante: Cássio Pereira Costa

Signatário Autorizado  
Cássio Pereira Costa

**Testo do Brasil - Instrumentos de Medição Ltda.**

Av. Engenheiro Artur Segurado, 615 - Jardim Leonor - CEP 13041-070 - Campinas - SP - Brasil  
Fone: 19 3731-5816 - Fax: 19 3731-5819 - E-mail: calibracao@testo.com.br - www.testo.com.br

## ANEXO 2 - CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO TUBO DE PITOT S

	<b>COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO</b> <b>SETOR DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS ATMOSFÉRICOS</b> <b>CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 636/2015/IPAA</b>
---	--

Solicitante: ECO CONSULTORIA AMBIENTAL E COMÉRCIO LTDA - ME Folha 1/1  
 Endereço: Av. Alzira Vidal de Oliveira, 641 - Caruaru - PE - CEP: 55032-230  
 Carta: de 27/10/2015 Solicitação de Serviço: 151604/AFCO/2015

Item de Ensaio	Identificação CETESB	Identificação Cliente	Fabricante	Medida
Tubo de Pitot Tipo S	C-06/14/863-S	N/D	FABRICAÇÃO PRÓPRIA	0,20 m

**Condições de Calibração**  
 Temperatura ambiente: 25,5 °C Umidade relativa: 57,3 % Pressão barométrica: 93592,30 Pa  
 Data de recebimento: 08/10/2015 Data de Calibração: 21/10/2015 Referência: Norma CETESB E16.030

**Padrões**

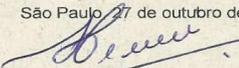
Descrição dos Itens	Identificação	Certificado	Empresa	Data da Calibração	Validade
Manovacuômetro Dwyer	C-05/00/02	2014-0433	SERTIN	20/03/2014	3 anos
Manovacuômetro Dwyer	C-05/00/03	2014-0434	SERTIN	20/03/2014	3 anos
Manovacuômetro Dwyer	C-04/02/04	2014-0432 A	SERTIN	19/03/2014	3 anos
Barômetro	DLRV/BAR-2	LV07609-14-R0	VISOMES	13/03/2014	3 anos
Termômetro Incoterm	107288/05	LV 3993/11	VISOMES	24/02/2011	5 anos
Termohigrômetro Digital	TH-01	LV 34773-14-R1	VISOMES	15/10/2014	4 anos
Pitot Padrão Dwyer mod. 166/12	C-03/14/853 P	136787-101	IPT	28/04/2014	5 anos

**Resultados**

Faixa de Velocidade (m/s)	Velocidade do fluxo (m/s)	Pressão de Velocidade (mmH <sub>2</sub> O)				Fator de Correção do tubo de pitot		Fator de Correção Médio	
		Pitot Padrão		Pitot Teste		Tramo A	Tramo B	Tramo A	Tramo B
		Tramo A	Tramo B	Tramo A	Tramo B				
3 à 5	2,99	0,50	0,50	0,70	0,70	0,837	0,837	0,832	0,838
	5,01	1,40	1,40	2,00	1,95	0,828	0,839		
	7,33	3,00	3,00	4,30	4,20	0,827	0,837		
5 à 15	Pressão de Velocidade (pol.H <sub>2</sub> O)								
	10,01	0,22	0,22	0,310	0,310	0,834	0,834	0,831	0,836
	14,32	0,45	0,45	0,635	0,630	0,833	0,837		
	23,38	1,20	1,20	1,700	1,700	0,832	0,832		
30,18	2,00	2,00	2,800	2,750	0,837	0,844			
15 à 50	42,68	4,00	4,00	5,600	5,550	0,837	0,840	0,835	0,839

Nota 1 - A validade deste teste está condicionado a um período de 6 meses.

São Paulo, 27 de outubro de 2015.

  
 Téc. Herlander Tadeu Ferreira  
 Reg.: 01.0985-7 CRQ: 04427619/4ª

  
 Quím. Marcelo Souza dos Anjos  
 Gerente do Setor de Aval. de Impactos Atmosféricos  
 Reg.: 01.4653-0 CRQ 04228864/4ª

CETESB - Av. Professor Frederico Hermann Jr., 345 - Alto de Pinheiros - São Paulo - CEP 05459-900  
 Fone: (11) 3133-3666 - email: calibracao@cetesb.sp.gov.br

CCTPS - Rev. 01 (23/10/2014)

## ANEXO 3 – CETIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO GASÔMETRO

 <b>CETESB</b>	<b>COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO</b> <b>SETOR DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS ATMOSFÉRICOS</b> <b>CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 638/2015/IPAA</b>
--	--

Folha 1/1

Solicitante: ECO CONSULTORIA AMBIENTAL E COMÉRCIO LTDA - ME

Endereço: Av. Alzira Vidal de Oliveira, 641 - Caruaru - PE - CEP: 55032-230

Carta: 151604

Solicitação de Serviço: 151604/AFCO/2015

		Identificação CETESB	Identificação do Cliente
<b>Itens de Ensaio</b>	Gasômetro seco	C-05/14/093 MSRT	
	Placa de orifício	C-05/14/013 OT	N/D
	Bomba de vácuo	C-05/14/012 BV	N/D

### Condições de Calibração

Temperatura ambiente: 23,5 °C

Pressão barométrica: 93600,00 Pa

Umidade relativa: 86,0 %

Data de recebimento: 08/10/2015

Data de Calibração: 22/10/2015

Referência: Norma CETESB E16.030

### Padrões

Instrumento	Calibrado por	Certificado	Data da calibração	Validade
Gasômetro Úmido C-10/90/009GU	CETESB	606/2015/IPAA	13/10/2015	30 dias
Barômetro DLRV/BAR-2	Visomes	LV 07609-14-RO	13/03/2014	3 anos
Termômetro Incotherm nº.288	Visomes	LV 3993/11	24/02/2011	5 anos
Termohigrômetro Digital TH-01	Visomes	LV 34773-14-R1	15/10/2014	4 anos

### Resultados

#### Média dos valores obtidos

DELTA H (Pa)	VOLUMES		TEMPERATURAS			TEMPO (minutos)	FCM	DELTA H@ (Pa)
	ÚMIDO (m³)	SECO (m³)	ÚMIDO (°C)	SECO (°C)				
				Entrada	Saída			
98	0,1006	0,1009	25	31	26	10,57	1,00	549,74
245	0,1006	0,1020	25	39	29	6,28	1,00	480,34
392	0,2012	0,2046	25	43	31	9,63	1,01	448,61
490	0,2012	0,2051	25	44	31	8,63	1,01	449,18
735	0,2012	0,2044	25	44	32	6,99	1,01	442,02

Volume após calibração: 54,4040 (m³)

Volume da próxima calibração: 94,4040 (m³)

Nota 1 - A validade deste teste está condicionado a um período de 6 meses.

**ANEXO 4 – MADEIRA EM FORMA DE LENHA COMO COMBUSTÍVEL/ALIMENTAÇÃO CALDEIRA MODELO - B1 – M.**



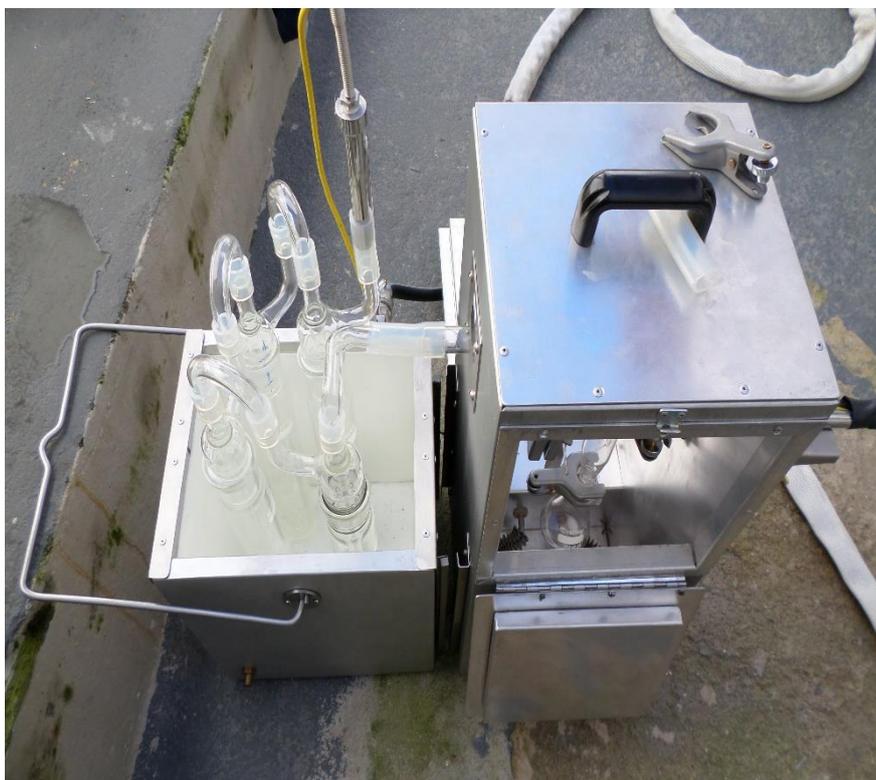
Fonte: do autor

**ANEXO 5 – CHAMINÉ DA CALDEIRA MODELO – B1 - M**



Fonte: do autor

**ANEXO 6 – ESQUEMA CONSTITUÍDO DE CAIXA QUENTE E FRIA,  
PARA COLETA DOS POLUENTES MP e SO<sub>x</sub>, EMITIDOS PELA CHAMINÉ  
DA CALDEIRA MODELO – B1 – M.**



Fonte: do autor

**ANEXO 7 – ESQUEMA PARA COLETA DE ÓXIDOS NITROSOS  
(NO<sub>x</sub>), UTILIZANDO BALÃO À VÁCUO**



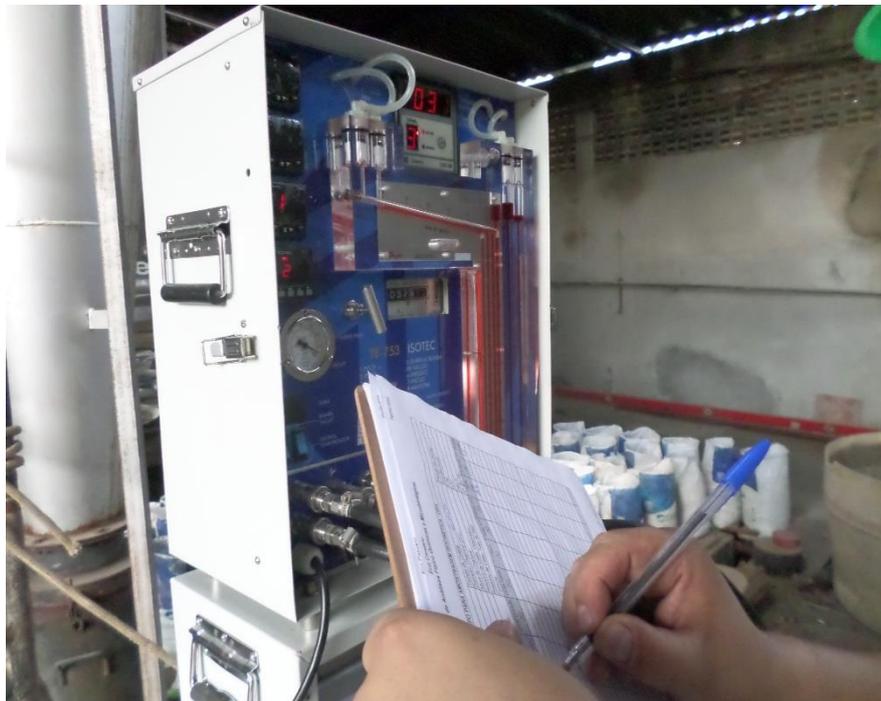
Fonte: do autor

**ANEXO 8 – PAINEL PRINCIPAL DO APARELHO CIPA MODELO TE - 753 FABRICADO PELA EMPRESA TECNAL.**



Fonte: do autor

**ANEXO 9 – COLETA DE DADOS NO APARELHO CIPA MODELO TE - 753 FABRICADO PELA EMPRESA TECNAL.**



Fonte: do autor